

Schichtstruktur und Verfahren zur Herstellung einer  
Schichtstruktur

5 Die Erfindung betrifft eine Schichtstruktur nach Anspruch 1  
und ein Verfahren zur Herstellung einer Schichtstruktur nach  
Anspruch 18.

Die US-PS 3,825,364 zeigt eine äußere Wand, die vollkommen  
10 porös ausgebildet ist. Zwischen dieser Wand und einem Sub-  
strat ist ein Hohlraum vorhanden.

Die US-PS 5,080,557 zeigt eine Schichtstruktur aus einem Sub-  
strat, einer porösen Zwischenschicht und einer absolut dichte-  
15 ten äußeren Schicht.

Die US-PS 4,318,666 zeigt im Vergleich zur US-PS 5,080,557  
zusätzlich Kühlkanäle in dem Substrat, auf dem eine poröse  
Zwischenschicht und eine dichte äußere Schicht aufgebracht  
20 ist.

Die JP 10-231 704 zeigt ein Substrat mit Kühlkanälen und  
einer porösen Zwischenschicht.

25 Die PCT/EP02/07029 sowie die US 6,412,541 zeigen eine poröse  
Struktur innerhalb einer Wand, wobei die Wand wiederum außen  
eine Beschichtung aufweist. Die Wand und die Beschichtung  
weisen Kühlkanäle auf.

30 Von G. Cao et al. ist ein Artikel „Pore Narrowing and  
Formation of Ultrathin Yttria-Stabilized Zirconia Layers in  
Ceramic Membranes by Chemical Vapor Deposition /  
Electrochemical Vapor Deposition“ bekannt aus dem Journal of  
American Ceramic Society aus dem Jahr 1993, bei dem eine  
35 Keramik innerhalb einer porösen Keramik abgeschieden wird.

Die bekannten Schichtstrukturen weisen jedoch gelegentlich ein unzureichendes Kühlverhalten auf.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, die Kühlung einer  
5 Schichtstruktur zu verbessern.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Schichtstruktur gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zur Herstellung einer Schichtstruktur nach Anspruch 18.  
10

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Maßnahmen zur Ausgestaltung der Schichtstruktur und des Verfahrens aufgelistet.  
15

Die in den Unteransprüchen aufgelisteten Maßnahmen können in vorteilhafter Art und Weise miteinander kombiniert werden.

20 Die Schichtstruktur weist Kühlkanäle in einem Substrat und in einer porösen, gasdurchlässigen Schicht auf dem Substrat auf. Die poröse Schicht wird durch Poren gebildet, wobei die Poren durch Wände begrenzt werden. Auf diesen Wänden ist erfindungsgemäss zumindest eine Beschichtung vorhanden.

25

Wenn die Durchmesser der Kühlkanäle und/oder die Porengröße der Schicht örtlich variiert werden, so kann die Kühlleistung örtlich variiert werden und beispielsweise einem  
30 Druckgradienten entlang der Außenseite der Schichtstruktur angepasst sein.

Die Wärmedämmschicht wird bei der Erfindung als äußere Schicht in die poröse Schicht hinein verlagert. Damit  
35 entfallen auch äußere Wände.

Wenn keine äußere dichte Wand, wie beim Stand der Technik, mehr vorhanden ist, muss diese nicht mehr gekühlt werden, so dass die Kühlleistung sinkt.

5 Ein größerer Temperaturgradient wird in der Wärmedämmschicht erreicht, die somit das Substrat vor zu hohen Temperaturen schützt.

10 Ausführungsbeispiele sind im folgenden näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 eine erfindungsgemäße Schichtstruktur im Querschnitt,

15 Figur 2 eine Vergrößerung aus Figur 1,

Figur 3 eine Gasturbine,

Figur 4 eine Brennkammer und

Figur 5 eine Hitzeschildanordnung einer Brennkammer.

20

Figur 1 zeigt eine Schichtstruktur 1, die zumindest aus einem Substrat 4 und einer darauf aufgebrachtten zumindest teilweisen porösen, zumindest teilweise gasdurchlässigen Schicht 7 besteht.

25

Das Substrat 4 ist beispielsweise ein Turbinenbauteil, insbesondere einer Gasturbine 100 (Fig. 3) oder einer Dampfturbine, wie z.B. eine Tragstruktur, eine Turbinenschaufel 120, 130, eine Brennkammerauskleidung 155 (Fig. 4, 5), oder ein anderes Bauteil, das gekühlt werden muss.

30

Das Substrat 4 ist beispielsweise aus einer nickel- oder kobaltbasierten Superlegierung hergestellt.

Die Materialien des Substrats 4 und der Schicht 7 können

35

verschieden oder gleichartig (metallisch, keramisch) und/oder ähnlich sein, insbesondere wenn die Zwischenschicht 7 mit dem Substrat 4 zusammen hergestellt wird.

Zwischen dem Substrat 4 und der Schicht 7 können Zwischenschichten vorhanden sein, z.B. eine Haftschicht.

- 5 Die Schicht 7 ist vorzugsweise metallisch und besteht beispielsweise aus einer Korrosionsschutzlegierung des Typs MCrAlX, wobei M zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co) oder Nickel (Ni) ist. X steht für das Element Yttrium (Y) und/oder zumindest ein Element der Gruppe der  
10 Seltenen Erden.

Die Schicht 7 kann teilweise, d.h. beschränkt auf bestimmte Bereiche, eine geringere oder grössere Porosität aufweisen. Die Schicht 7 weist daher in jedem Fall Poren 10 auf. Die  
15 Poren 10 werden begrenzt durch Wände 37 (Fig. 2) und/oder Ein/Ausgängen von gasdurchlässigen Verbindungen 20' (Fig. 2) in der Schicht 7.

Innerhalb dieser porösen Schicht 7 ist zumindest eine Beschichtung 40 auf den Wänden 37 aufgebracht (Fig. 2), die  
20 die Wände innen auskleidet.

Die poröse Schicht 7 ist beispielsweise schaum- oder schwammartig mit zumindest teilweiser offener, d.h. gasdurchlässiger Porenstruktur ausgebildet. Eine solche  
25 schaum- oder schwammartige Struktur kann beispielsweise durch Aufbringen eines Schlickers auf das Substrat 4 hergestellt werden. Durch eine Wärmebehandlung bilden sich bspw. durch Gasbildung Blasen, so dass eine schaumartige Struktur entsteht, die sich gleichzeitig mit dem Substrat 4 verbindet.

30

Das Substrat 4 weist zumindest einen Kühlkanal 16 auf, durch den ein Kühlmedium, wie durch die Pfeile angedeutet, strömen kann.

Dabei ist die poröse Schicht 7 gasdurchlässig ausgestaltet,  
35 so dass das Kühlmedium aus dem Kühlkanal 16 in die Schicht 7 und danach durch die Poren 10 und Kühlkanäle 19 strömen kann.

Die Schicht 7 weist an der Oberfläche 43 beispielsweise Stellen auf, an denen das Kühlmedium aus der Schicht 7 austreten kann.

- 5 Insbesondere kann auch hier zumindest ein Kühlkanal 19, insbesondere ein Kühlloch 19, d.h. ohne Poren, ausgebildet sein. Die Kühlkanäle 19 können nachträglich eingebracht werden. Insbesondere sind die Kühlkanäle 19 durch gasdurchlässige 20 Verbindungen zwischen den Poren 10 gebildet (Fig. 2).

- 10 Durch den Austritt eines Kühlmediums aus vielen Öffnungen, d.h. den Poren 10 oder Kühlkanälen 19 an der Oberfläche 43 der Schicht 7 wird eine Effusionskühlung bewirkt.

- 15 Die Kühlkanäle 16, 19 sind beispielsweise so zueinander angeordnet, dass ein Kühlmedium möglichst senkrecht zur Oberfläche des Substrats 4 oder der Schicht 7 die Schichtstruktur 1 durchströmt.

- 20 Die Schicht 7 muss nicht unbedingt eine Filmkühlung aufweisen. Es kann auch ein geschlossener Kreislauf eines Kühlmediums (Gas, Dampf) vorhanden sein, so dass kein Kühlmedium aus der Schicht 7 austritt, sondern innerhalb der Schicht 7, bspw. entlang einer Strömungsrichtung 25 eines äußeren Heißgases, strömt. Die Schicht 7 ist dann bspw. im Bereich der Oberfläche 43 nicht gasdurchlässig, der Bereich darunter ist aber wieder gasdurchlässig (nicht dargestellt).

- 30 Insbesondere können auch Zwischenwände 22 (gestrichelt angedeutet) in der Schicht 7 vorhanden sein, die verhindern, dass das Kühlmedium innerhalb der Zwischenschicht 7 entlang der Strömungsrichtung 25 strömt, weil entlang der Strömungsrichtung 25 ein Druckunterschied, wie beispielsweise in einer Gasturbine 100, vorhanden ist.

- 35 Die Zwischenwand 22 kann einzelne Kammern in der Schicht 7 bilden, wie aus WO03/006883 bekannt, die Bestandteil dieser Offenbarung sein soll.

Die Zwischenwand 22 kann durch separate, bspw. nicht poröse, Trennwände oder durch nichtgasdurchlässige, aber poröse Bereiche der Schicht 7 ausgebildet sein oder durch Auffüllen bzw. Verschweißen der porösen Zwischenschicht 7 in diesen Bereichen zu dichten Zwischenwänden 22 hergestellt werden. Die Zwischenwand 22 ist dann z.B. ein Bereich, der nicht gasdurchlässig ist und damit eine geschlossene Porenstruktur oder keine Poren (nicht porös) aufweist.

- 10 Die Größe der Poren 10 ist beispielsweise zur äußeren Oberfläche 43 hin kleiner ausgebildet, um eine Verschmutzung der Schicht 7 zu verhindern.

Durch die Ausgestaltung der Innendurchmesser der Kühlkanäle 16, 19 kann der Durchfluss eines Kühlmediums eingestellt werden, um diesen an eine Kühlleistung anzupassen, die ortsabhängig ausgebildet sein kann.

Dies kann auch durch eine ortsabhängige Porengröße in der Zwischenschicht 7 eingestellt werden.

20

Figur 2 zeigt eine Vergrößerung der Schicht 7 aus Figur 1, die auf dem Substrat 4 aufgebracht ist.

Die Schicht 7 ist eine poröse oder schaumartige metallische Schicht, wie schon bei Figur 1 beschrieben.

Die Poren 10 werden begrenzt durch Wände 37 und/oder durch die Ein/Ausgänge der gasdurchlässigen Verbindungen 20 zwischen den Poren 10.

Die gasdurchlässigen Verbindungen 20 zwischen den einzelnen Poren 10 und die Poren 10 stellen die Kühlkanäle 19 dar.

Diese verlaufen in der Regel nicht geradlinig (In der Figur 1 schematisch geradlinig dargestellt).

Die Porenstruktur ist so ausgebildet, dass ein Gasdurchlass von der Ausgangsöffnung des Kühlkanals 16 im Substrat 4 zur äußeren Oberfläche 43 der Schicht 7 möglich ist.

Es kann auch geschlossene Poren 10g geben, die von Anfang an geschlossen waren oder durch die Beschichtung 40 verschlossen werden.

- 5   Zumindest auf den Wänden 37 in den Poren 10 der porösen Struktur der Schicht 7 ist zumindest eine Beschichtung 40 aufgebracht. Auch in den Verbindungen 20 und den Kühlkanälen 16 kann zumindest eine Beschichtung 40 aufgebracht werden. Die Beschichtung 40 der Wände 37 der porösen Schicht 7 kann
- 10   sich über die ganze Dicke der Schicht 7 hin bis zum Substrat 4 erstrecken oder kann sich nur in einem Oberflächenbereich 13 der Schicht 7 befinden.
- 15   Beispiele für Schichtfolgen innerhalb der Schicht 7 bzw. der Schichtstruktur 1.

Substrat 4: Superlegierung

Schicht 7: MCrAlX

- 20   Beschichtung 40: Keramik

Substrat 4: Superlegierung

Zwischenschicht aus Platin

Schicht 7: MCrAlX

- 25   Beschichtung 40: Keramik

Substrat 4: Superlegierung

Schicht 7: Superlegierung

Erste Beschichtung 40: MCrAlX

- 30   Zweite Beschichtung 40: Keramik (auf erste Beschichtung)

Substrat 4: Superlegierung

Schicht 7: MCrAlX

Erste Beschichtung 40: MCrAlX, modifiziert gegenüber Schicht 7

- 35   Zweite Beschichtung 40: Keramik (auf erste Beschichtung)

Weitere Kombinationen der Materialien für Substrat, Zwischenschichten, Beschichtungen und Schichtabfolge sind möglich.

5 Wesentlich ist eine Beschichtung 40 innerhalb einer porösen Schicht 7.

10 Die Beschichtung 40 ist beispielsweise eine keramische Schicht, die insbesondere als Wärmedämmschicht wirken kann. Dies ist bspw. Aluminiumoxid oder Yttrium-stabilisiertes Zirkonoxid.

Insbesondere können keramische Beschichtungen 40 verwendet werden, die keine Anbindungsschicht an die metallische Zwischenschicht 7 benötigen.

15 Die äußere Beschichtung 40 kann durch Eintauchverfahren, Schlickerauftrag, Plasmaspritzen oder sonstige Verfahren aufgebracht werden.

20 Die poröse Schicht 7 kann vorgefertigt sein und ist beispielsweise durch Löten, Kleben, Schweißen oder sonstige Befestigungsmaßnahmen auf dem Substrat 4, insbesondere direkt, aufgebracht.

Die poröse Schicht 7 kann auch zusammen mit dem Substrat 4 hergestellt, insbesondere gegossen, werden.

25

Bei der Herstellung der Beschichtung 40 kann beispielsweise wie folgt vorgegangen werden.

30 Die poröse Schicht 7 wird mit einem keramischen Schlicker bespritzt oder in eine entsprechende Flüssigkeit eingetaucht (Eintauchverfahren), so dass sich eine Grünschicht auf den Wänden 37 der porösen Struktur 7 abscheidet, die noch verdichtet werden kann. Dies kann durch Sinterung oder Laserstrahlverfahren erfolgen.

35 Das Schichtsystem 1 kann bei neu hergestellten Bauteilen oder auch bei wieder aufgearbeiteten Bauteilen verwendet werden.



Bei wieder aufgearbeiteten Bauteilen werden Bauteile, insbesondere Turbinenschaufeln 120, 130 (Fig. 3) und Brennkammerteilen (Fig. 4, 5), nach dem Einsatz wieder aufgearbeitet (Refurbishment), indem die äußeren Schichten  
5 sowie weitere Korrosions- oder Oxidationsschichten entfernt werden. Ebenso wird das Bauteil dabei überprüft auf Risse, die gegebenenfalls repariert werden.

Danach kann das Bauteil wieder mit Schutzschichten 7, 40 versehen werden, um ein Schichtsystem 1 zu bilden.

10

Die Figur 3 zeigt eine Gasturbine 100 in einem Längsteilschnitt.

Die Gasturbine 100 weist im Inneren einen um eine  
15 Rotationsachse 102 drehgelagerten Rotor 103 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird.

Entlang des Rotors 103 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 104, ein Verdichter 105, eine beispielsweise torusartige Brennkammer 110, insbesondere Ringbrennkammer 106, mit  
20 mehreren koaxial angeordneten Brennern 107, eine Turbine 108 und das Abgasgehäuse 109.

Die Ringbrennkammer 106 kommuniziert mit einem beispielsweise ringförmigen Heißgaskanal 111. Dort bilden beispielsweise vier hinter einander geschaltete Turbinenstufen 112 die  
25 Turbine 108.

Jede Turbinenstufe 112 ist aus zwei Schaufelringen gebildet. In Strömungsrichtung eines Arbeitsmediums 113 gesehen folgt im Heißgaskanal 111 einer Leitschaufelreihe 115 eine aus Laufschaufeln 120 gebildete Reihe 125.

30

Die Leitschaufeln 130 sind dabei an einem Innengehäuse 138 eines Stator 143 befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 120 einer Reihe 125 bspw. mittels einer Turbinenscheibe 133 am Rotor 103 angebracht sind. An dem Rotor 103 angekoppelt ist  
35 ein Generator oder eine Arbeitsmaschine (nicht dargestellt).

Während des Betriebes der Gasturbine 100 wird vom Verdichter 105 durch das Ansauggehäuse 104 Luft 135 angesaugt und verdichtet. Die am turbinenseitigen Ende des Verdichters 105 bereitgestellte verdichtete Luft wird zu den Brennern 107  
5 geführt und dort mit einem Brennmittel vermischt. Das Gemisch wird dann unter Bildung des Arbeitsmediums 113 in der Brennkammer 110 verbrannt.

Von dort aus strömt das Arbeitsmedium 113 entlang des Heißgaskanals 111 vorbei an den Leitschaufeln 130 und den  
10 Laufschaufeln 120. An den Laufschaufeln 120 entspannt sich das Arbeitsmedium 113 impulsübertragend, so dass die Laufschaufeln 120 den Rotor 103 antreiben und dieser die an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine.

15 Die dem heißen Arbeitsmedium 113 ausgesetzten Bauteile unterliegen während des Betriebes der Gasturbine 100 thermischen Belastungen. Die Leitschaufeln 130 und Laufschaufeln 120 der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums 113 gesehen ersten Turbinenstufe 112 werden neben den die  
20 Ringbrennkammer 106 auskleidenden Hitzeschildsteinen am meisten thermisch belastet.

Um den dort herrschenden Temperaturen standzuhalten, werden diese mittels eines Kühlmittels gekühlt und weisen bspw. eine Schicht 7 gemäss Figur 1, 2 auf.

25 Die thermisch stark belasteten Bauteile können aus Substraten gebildet sein, die eine gerichtete Struktur aufweisen, d.h. sie sind einkristallin (SX-Struktur) oder weisen nur längsgerichtete Körner auf (DS-Struktur).

Als Material werden insbesondere eisen-, nickel- oder  
30 kobaltbasierte Superlegierungen verwendet. Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion (MCrAlX; M ist zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X steht für Yttrium (Y) und/oder zumindest ein Element der Seltenen Erden) und Wärme  
35 durch eine Wärmedämmschicht aufweisen. Die Wärmedämmschicht besteht beispielsweise aus  $ZrO_2$ ,  $Y_2O_3$ - $ZrO_2$ , d.h. sie ist

nicht, teilweise oder vollständig stabilisiert durch Yttriumoxid und/oder Kalziumoxid und/oder Magnesiumoxid. Durch geeignete Beschichtungsverfahren wie z.B. Elektronenstrahlverdampfen (EB-PVD) werden stängelförmige Körner in der Wärmedämmschicht erzeugt.

Figur 4 zeigt eine Brennkammer 110 einer Gasturbine 100. Die Brennkammer 110 ist beispielsweise als so genannte Ringbrennkammer ausgestaltet, bei der eine Vielzahl von in Umfangsrichtung um die Turbinenwelle 103 herum angeordneten Brennern 102 in einen gemeinsamen Brennkammerraum münden. Dazu ist die Brennkammer 110 in ihrer Gesamtheit als ringförmige Struktur ausgestaltet, die um die Turbinenwelle 103 herum positioniert ist.

Zur Erzielung eines vergleichsweise hohen Wirkungsgrades ist die Brennkammer 110 für eine vergleichsweise hohe Temperatur des Arbeitsmediums M von etwa 1000°C bis 1600°C ausgelegt. Um auch bei diesen, für die Materialien ungünstigen Betriebsparametern eine vergleichsweise lange Betriebsdauer zu ermöglichen, ist die Brennkammerwand 153 auf ihrer dem Arbeitsmedium M zugewandten Seite mit einer aus Hitzeschildelementen 155 gebildeten Innenauskleidung versehen. Jedes Hitzeschildelement 155 ist arbeitsmediumsseitig mit einer besonders hitzebeständigen Schutzschicht ausgestattet oder aus hochtemperaturbeständigem Material gefertigt.

Aufgrund der hohen Temperaturen im Inneren der Brennkammer 110 ist zudem für die Hitzeschildelemente 155 bzw. für deren Halteelemente ein Kühlsystem vorgesehen. Die Hitzeschildelemente 155 können eine Schichtstruktur 1 gemäß Figur 1, 2 aufweisen.

Die Materialien der Brennkammerwand und deren Beschichtungen gemäß vorliegender Erfindung können ähnlich der Turbinenschaufeln 120, 130 sein.

In Figur 5 ist eine Hitzeschildanordnung 160 dargestellt, bei welcher auf einer Tragstruktur 163 flächendeckend nebeneinander Hitzeschildelemente 155 angeordnet sind.

5 Üblicherweise sind beispielsweise zur Auskleidung eines größeren Heißgasraumes, wie z.B. einer Brennkammer 110, mehrere Reihen von Hitzeschildelementen 155 aneinandergrenzend auf der Tragstruktur 163 angeordnet. Die Hitzeschildanordnung 160 kann beispielsweise die Brennkammer 110 und/oder einen Übergangsbereich zwischen  
10 Brennkammer 110 und Turbinenschaufel 112 einer Gasturbine 100 auskleiden, um eine Beschädigung der Tragstruktur 163 während des Betriebs der Gasturbine 100 zu verhindern.

15 Um die thermischen Belastungen zu reduzieren, ist es beispielsweise vorgesehen, die Hitzeschildelemente 155 jeweils auf deren der Brennkammer 110 abgewandten Fläche mittels Kühlluft zu kühlen.

Mindestens zwei benachbarte Hitzeschildelemente 155a, 155b  
20 bilden zwischen der Tragstruktur 163 und jeweils der dem Heißgas 113 abgewandten Fläche der Hitzeschildelemente 155a, 155b einen Kühlluftkanal 166. Auf diese Weise kommunizieren die beiden genannten benachbarten Hitzeschildelemente 155a, 155b z.B. über den Kühlluftstrom L, welcher direkt von einem  
25 der Nachbarn zum anderen in dem durch die Nachbarn gebildeten, gemeinsamen Kühlluftkanal 166 fließt.

In der Figur 5 sind als Beispiel vier Hitzeschildelemente 155 dargestellt, welche einen gemeinsamen Kühlluftkanal 166 bilden. Es kommt jedoch auch eine deutlich größere Anzahl an  
30 Hitzeschildelementen in Frage, welche auch in mehreren Reihen angeordnet sein können.

Die Kühlluft L, welche durch Öffnungen 169, 16 (Fig. 1) in  
35 den Kühlluftkanal 166 eingespeist ist, kühlt die Hitzeschildelemente 155 rückseitig beispielsweise mittels Prallkühlung, wobei die Kühlluft L praktisch senkrecht auf

die dem Heißgas abgewandte Fläche der Hitzeschildelemente 155 trifft und dadurch thermische Energie aufnehmen und abführen kann. Die Kühlung der Hitzeschildelemente 155 kann weiterhin durch Konvektionskühlung erfolgen, wobei Kühlluft L dabei im Wesentlichen parallel zur Oberfläche der Hitzeschildelemente 155 an deren Rückseite entlang streicht und dadurch ebenfalls thermische Energie aufnehmen und abführen kann.

In der Figur 5 bewegt sich die Kühlluft L als Kühlluftstrom größtenteils von rechts nach links in dem von den

Hitzeschildelementen 155 gemeinsam gebildeten Kühlluftkanal 166 und kann einem Brenner 107, welcher sich beispielsweise in der Brennkammer 110 befindet, zugeführt werden, um für die Verbrennung genutzt zu werden.

Die Hitzeschildelemente 155 weisen bspw. eine erfindungsgemäße Schichtstruktur 1 gemäß Figur 1 auf. Mit der Schichtstruktur 1 kann auch auf den Kühlkanal 166 verzichtet werden, indem ein Hitzeschildelement 155 mit der Schichtstruktur 1 bspw. direkt auf der Tragstruktur 163, 4 aufgebracht ist.

## Patentansprüche

1. Schichtstruktur (1),

zumindest bestehend aus einem Substrat (4) und  
einer zumindest teilweise porösen, zumindest teilweise  
gasdurchlässigen Schicht (7) auf dem Substrat (4),  
wobei das Substrat (4) Kühlkanäle (16) aufweist,  
durch die ein Kühlmedium durch das Substrat (4) in die  
poröse Schicht (7) gelangen kann,

dadurch gekennzeichnet, dass

die poröse Schicht (7) Poren (10) aufweist,  
die von Wänden (37) begrenzt werden,

wobei auf dem Wänden (37) zumindest teilweise zumindest  
eine Beschichtung (40) vorhanden ist.

2. Schichtstruktur nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Schicht (7) metallisch oder keramisch ist.

3. Schichtstruktur nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Substrat (4) metallisch oder keramisch ist.

4. Schichtstruktur nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Schicht (7) schaum- oder schwammartig ausgebildet  
ist.

5. Schichtstruktur nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Beschichtung (40) eine keramische Schicht,  
insbesondere eine Wärmedammschicht, ist.

6. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Materialien des Substrats (4) und der Schicht (7)  
verschieden sind.

7. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 1 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Schicht (7) Kühlkanäle (19) aufweist.

8. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Kühlkanäle (19) durch gasdurchlässige Verbindungen  
(20) zwischen Poren (10) der Schicht (7) und den Poren  
(10) gebildet sind.

9. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 1, 7 oder 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Kühlkanäle (16, 19) verschiedene Innenquerschnitte,  
insbesondere Innendurchmesser, aufweisen,  
wodurch der Durchfluss eines Kühlmediums durch die Kühl-  
kanäle (16, 19) festgelegt ist.

10. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 1 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Porengröße der Schicht (7) örtlich verschieden ist.

5

11. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
10 die Porengröße zur äußeren Oberfläche (43) der Schicht  
(7) hin kleiner ist als in der Nähe des Substrats (4).

12. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 1, 2 oder 4,  
15 dadurch gekennzeichnet, dass  
die Schicht (7) die Zusammensetzung MCrAlX aufweist,  
wobei M zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe),  
Kobalt (Co) oder Nickel (Ni) und  
20 X das Element Yttrium (Y) und/oder zumindest ein Element  
der Seltenen Erden ist.

13. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 1 oder 3,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass  
das Substrat (4) eine nickel- oder kobaltbasierte Super-  
legierung ist.

30

14. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Materialien des Substrats (4) und der Schicht (7)  
35 gleich sind.



15. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 1 oder 5,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
nur ein Oberflächenbereich (13) der Schicht (7) mit der  
5 zumindest einen Beschichtung (40) versehen ist.

16. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
10 die Schichtstruktur (1) zumindest ein Teil eines  
Turbinenbauteils,  
insbesondere eine Turbinenschaufel (120, 130) oder eine  
Auskleidung (155) einer Brennkammer (110),  
15 insbesondere einer Gasturbine (100), ist.

17. Schichtstruktur (1) nach Anspruch 1, 15 oder 16,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
20 die Schichtstruktur (1) durch Effusionskühlung kühlbar  
ist,  
wobei ein Kühlmedium aus der Oberfläche (43) der porösen  
Schicht (7) austreten kann.

18. Verfahren zur Herstellung einer Schichtstruktur (1)  
nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 18,  
bei dem eine zumindest teilweise poröse, zumindest  
30 teilweise gasdurchlässige Schicht (7) auf das Substrat  
(4) aufgebracht wird,  
wobei die poröse Schicht (7) Poren (10) aufweist,  
die von Wänden (37) begrenzt werden,  
und dann zumindest teilweise zumindest eine Beschichtung  
35 (40) der Wände (37) erfolgt.

19. Verfahren nach Anspruch 18,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die poröse Schicht (7) separat hergestellt wird,

und dann mit dem Substrat (4) verbunden wird.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die poröse Schicht (7) mit dem Substrat (4) verlötet,  
verschweißt, verklebt ist oder durch Haltemittel an dem  
Substrat (4) befestigt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 18,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die poröse Schicht (7) zusammen mit dem Substrat (4)  
hergestellt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 18 oder 21,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die poröse Schicht (7) zusammen mit dem Substrat (4)  
gegossen wird.

23. Verfahren nach Anspruch 18,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die Beschichtung (40) durch ein Eintauchverfahren,  
Schichtauftrag oder Plasmaspritzen aufgebracht wird.

24. Verfahren nach Anspruch 18,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die Schichtstruktur (1) auf ein neu hergestelltes  
Bauteil aufgebracht wird.

5

25. Verfahren nach Anspruch 18,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die Schichtstruktur (1) auf ein wieder aufgearbeitetes  
Bauteil aufgebracht wird.

10

15

FIG 1

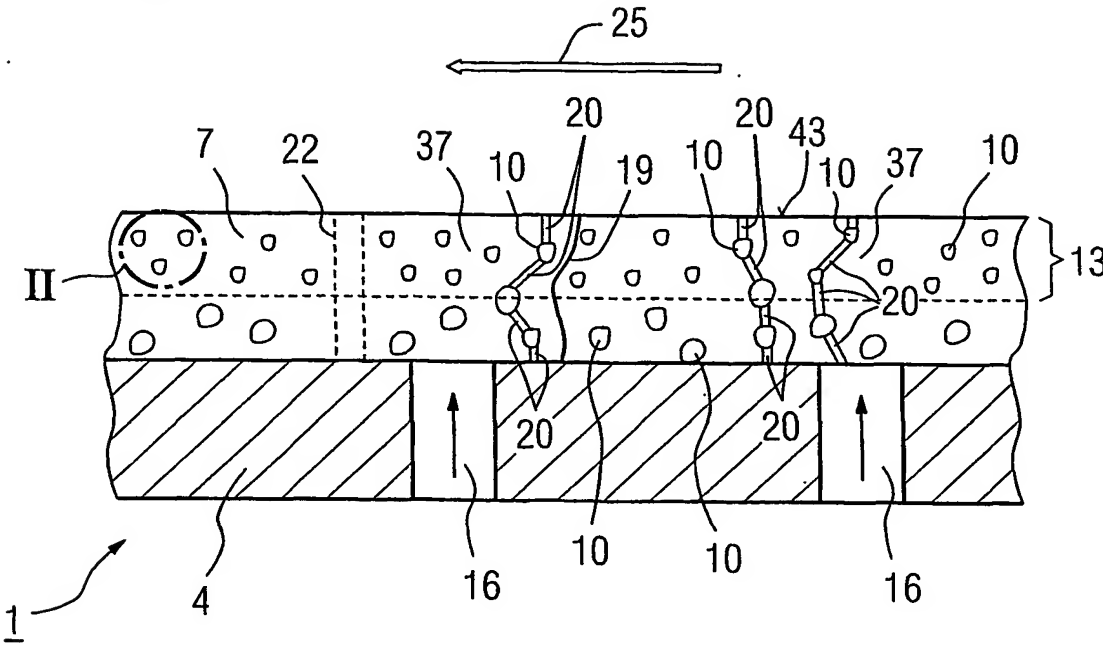
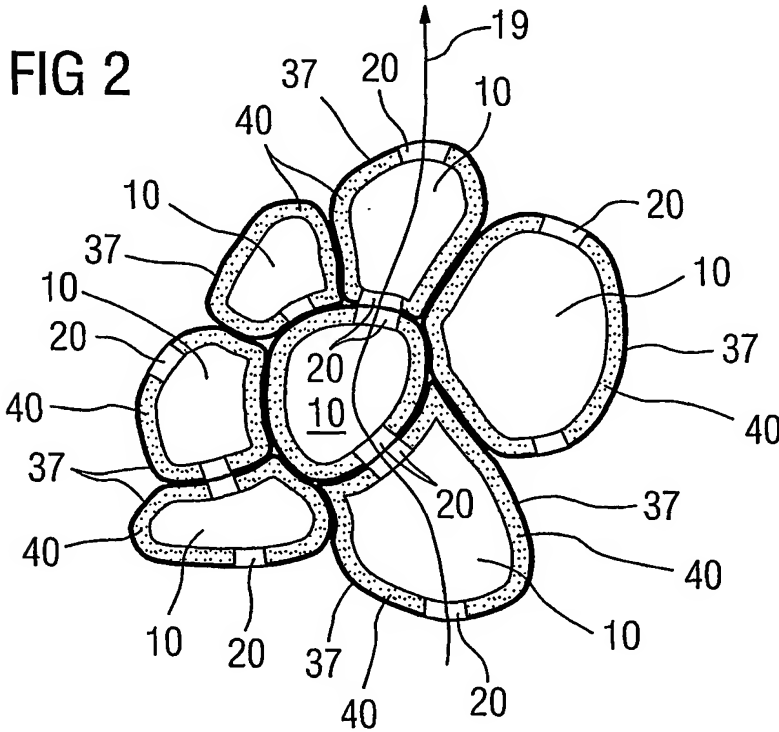


FIG 2



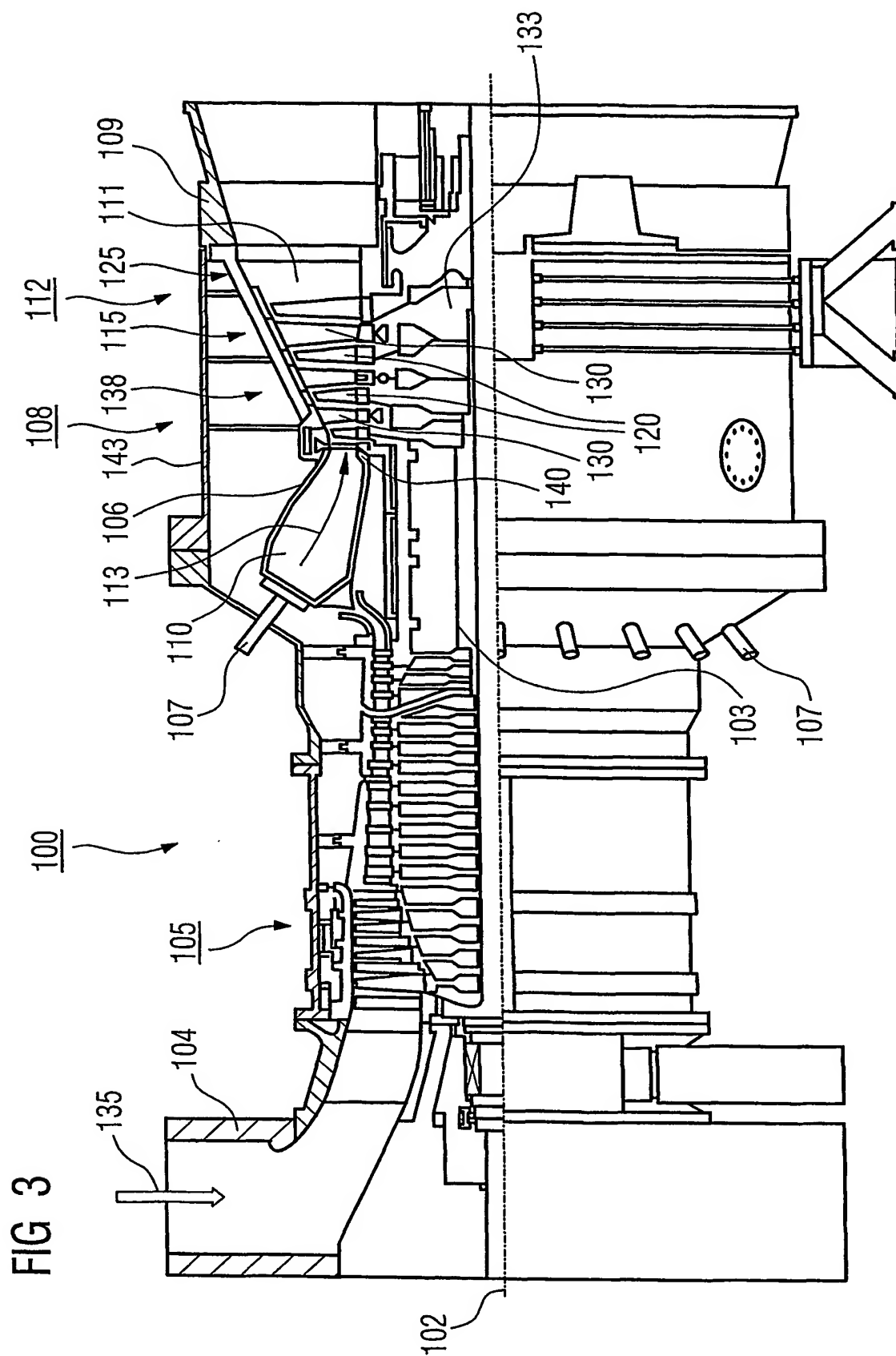


FIG 4

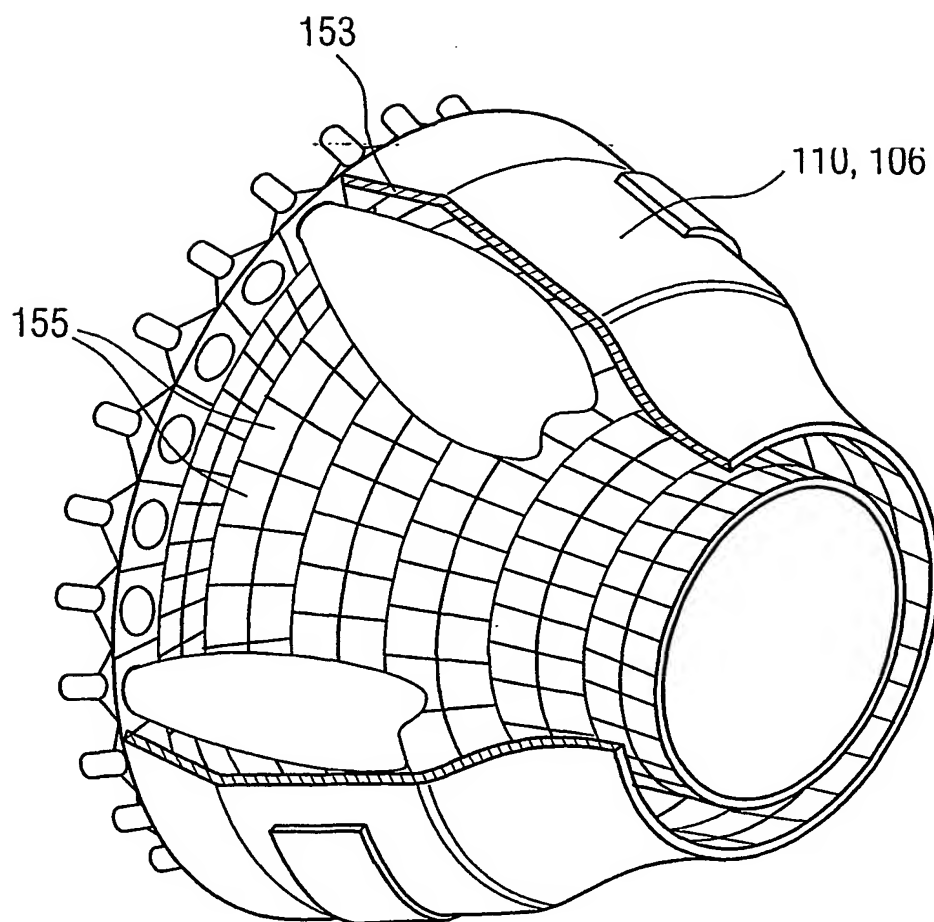
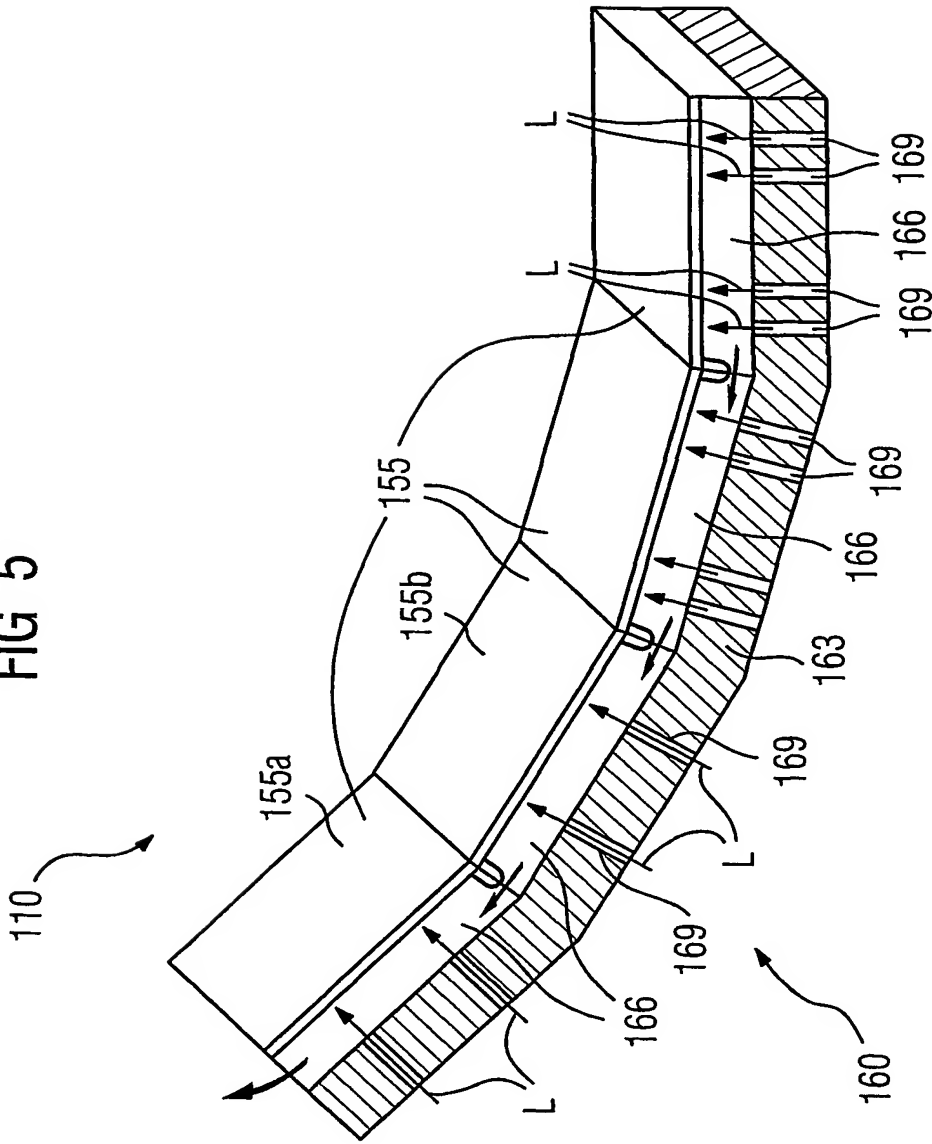


FIG 5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/006556

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C23C28/00 F01D5/28 F01D5/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C23C F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2003/021905 A1 (LEE CHING-PANG ET AL) 30 January 2003 (2003-01-30) claims 1-14; figures 1,2	1-25
A	EP 0 609 795 A (MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION MÜNCHEN GMBH) 10 August 1994 (1994-08-10) column 1, line 29 - column 2, line 54; examples	1-25
A	EP 0 852 223 A (EURATOM) 8 July 1998 (1998-07-08) page 3, line 36 - page 4, line 41	1-25
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- 'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- 'E' earlier document but published on or after the international filing date
- 'L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- 'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- 'P' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- 'T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- 'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- 'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- '&' document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 November 2004

Date of mailing of the international search report

12/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Patterson, A



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/006556

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>XOMERITAKIS G ET AL: "Fabrication of a thin palladium membrane supported in a porous ceramic substrate by chemical vapor deposition"</p> <p>JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE, ELSEVIER SCIENTIFIC PUBL.COMPANY. AMSTERDAM, NL, vol. 120, no. 2, 13 November 1996 (1996-11-13), pages 261-272, XP004041862 ISSN: 0376-7388 * Seiten 267-272, Kapitel 3.2 *</p>	1-25
A	<p>US 6 428 280 B1 (AUSTIN CURTISS MITCHELL ET AL) 6 August 2002 (2002-08-06) claims</p>	4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/006556

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003021905	A1	30-01-2003	US 6511762 B1	28-01-2003
EP 0609795	A	10-08-1994	DE 4303135 A1	11-08-1994
			DE 59401217 D1	23-01-1997
			EP 0609795 A1	10-08-1994
			US 5534308 A	09-07-1996
			US 5721057 A	24-02-1998
EP 0852223	A	08-07-1998	EP 0852223 A1	08-07-1998
US 6428280	B1	06-08-2002	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/006556

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 C23C28/00 F01D5/28 F01D5/18		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 C23C F01D		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, INSPEC, PAJ		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2003/021905 A1 (LEE CHING-PANG ET AL) 30. Januar 2003 (2003-01-30) Ansprüche 1-14; Abbildungen 1,2	1-25
A	EP 0 609 795 A (MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION MÜNCHEN GMBH) 10. August 1994 (1994-08-10) Spalte 1, Zeile 29 - Spalte 2, Zeile 54; Beispiele	1-25
A	EP 0 852 223 A (EURATOM) 8. Juli 1998 (1998-07-08) Seite 3, Zeile 36 - Seite 4, Zeile 41	1-25
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche  <b>4. November 2004</b>		Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts  <b>12/11/2004</b>
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Patterson, A</b>

Best Available Copy

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	XOMERITAKIS G ET AL: "Fabrication of a thin palladium membrane supported in a porous ceramic substrate by chemical vapor deposition" JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE, ELSEVIER SCIENTIFIC PUBL.COMPANY. AMSTERDAM, NL, Bd. 120, Nr. 2, 13. November 1996 (1996-11-13), Seiten 261-272, XP004041862 ISSN: 0376-7388 * Seiten 267-272, Kapitel 3.2 * -----	1-25
A	US 6 428 280 B1 (AUSTIN CURTISS MITCHELL ET AL) 6. August 2002 (2002-08-06) Ansprüche -----	4

m-est  
Available Copy

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006556

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2003021905	A1	30-01-2003	US	6511762 B1	28-01-2003
EP 0609795	A	10-08-1994	DE	4303135 A1	11-08-1994
			DE	59401217 D1	23-01-1997
			EP	0609795 A1	10-08-1994
			US	5534308 A	09-07-1996
			US	5721057 A	24-02-1998
EP 0852223	A	08-07-1998	EP	0852223 A1	08-07-1998
US 6428280	B1	06-08-2002	KEINE		

Best Available Copy